

# 基于颜色和轮廓平稳小波变换纹理分析的彩色图像检索<sup>①</sup>

陈小海<sup>1</sup>, 黄晓玲<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(桂林电子科技大学 职业技术学院, 北海 536000)

<sup>2</sup>(桂林电子科技大学 数学与计算科学学院, 桂林 541004)

**摘要:** 由于单一特征只能表达图像的部分内容, 提出了一种新的彩色图像检索方法. 该算法在提取颜色特征方面, 首先将图像进行分块以获得空间分布信息, 为了充分利用 RGB 颜色模型及 HSV 颜色模型的优点, 分别在两种不同的颜色模型中提取相应的特征向量, 将两种颜色空间中的特征向量结合在一起就形成本文的颜色特征向量, 在纹理特征方面, 结合小波变换及轮廓波变换的优点, 将图像进行非下采样轮廓平稳小波变换(NWCT), 然后分别计算各子带在各个方向上系数的均值与方差作为纹理特征向量, 最后采用加权欧氏距离作为图像的相似度进行检索. 实验结果表明, 相对于其他检索方法, 该方法平均检索精度有了一定的提高, 取得了较好的检索结果.

**关键词:** 基于内容的图像检索(CBIR); 颜色特征; 纹理特征; 非下采样轮廓平稳小波变换 Web 信息提取

## Color Image Retrieval Approach Using Color and SW-nonsampled Contourlet Texture Analysis

CHEN Xiao-Hai<sup>1</sup>, HUANG Xiao-Ling<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Career Technical College, Guilin University of Electronic Technology, Beihai 536000, China)

<sup>2</sup>(Institute of Mathematics, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

**Abstract:** In this paper, a new color image retrieval method based on color and texture is proposed. Firstly, in order to obtain the information of spatial distribution, images are partitioned into 5 sub-images and then the color feature is extracted from RGB model and HSV model. Secondly, each image is decomposed by stationary wavelet-nonsampled contourlet transform (SW-NSCT) and the mean value and standard deviation of each sub-band's coefficient are computed as the texture features. The similarities of images are computed by the Euclidean's distance with weight. Experiments indicate that this algorithm can improve the searching precision effectively.

**Key words:** content-based image retrieval (CBIR); color feature; texture feature; SW-NSCT

## 1 引言

基于内容的图像检索(CBIR)是一种信息检索技术, 正越来越成为人们研究的焦点<sup>[1, 2]</sup>. 所谓的 CBIR 技术是根据图像所包含的本质内容(例如颜色、纹理、形状等), 对图像数据库中的图像建立特征向量, 然后按照某种相似性度量准则进行相似性匹配, 最后根据相似度顺序给用户提提供若干幅相似图像. 在 CBIR 系统中, 最关键的技术之一是特征提取. 颜色特征和纹

理特征都是图像最底层、最重要的特征, 不同类型的特征描述图像中不同的内容属性, 在检索中各有其特点.

颜色是描述图像内容最直观和重要的视觉特征, 颜色直方图<sup>[3, 4]</sup>是最常用的颜色特征表达方法之一. 最具有代表性的是 Swain<sup>[3]</sup>提出的颜色直方图方法(GCH). 然而, 理论分析和实验结果表明, 传统颜色直方图检索只能表达图像的全局颜色统计信息, 而丢失了空间分布信息. 因此, 为了获取图像的空间信息, 许多

① 收稿时间:2012-06-07;收到修改稿时间:2012-07-10

研究人员提出了图像划分技术<sup>[5,6]</sup>,通过位置不同的子块获取图像的局部内容,从而达到获取图像颜色的空间分布信息的目的.另外,Stricker 等人<sup>[7]</sup>则采用了颜色矩来表示图像的颜色特征.

纹理是图像的底层特征之一<sup>[8]</sup>,它不仅反映了图像的灰度统计信息,而且反映图像的空间分布信息和结构信息,这些信息在图像检索中起着重要的作用.灰度共生矩阵法<sup>[9]</sup>是提取纹理特征的一种有效方法,但该方法表示纹理特征复杂且计算量大.目前,在纹理图像检索方面,许多文献都提出了基于多尺度几何分析的纹理检索方案<sup>[10,11]</sup>.

图像的一种特征不能全面的表达图像的本质特性,综合多种特征可以更好地描述图像的内容.本文旨在研究一种有效的基于颜色和纹理特征的图像表示方法以及相应的检索技术.实验在同等软硬件环境下和相同的图片库中进行,实验结果表明,本文方法相对于文献[2]和文献[10]的方法,平均检索精度有了一定的提高,取得了较好的检索结果.

## 2 基于颜色和纹理特征的图像检索算法

为了使所提取的颜色特征具有空间分布特性,首先将检索图像分为 5 个子图像块,然后分别计算每个子图像块的颜色特征,由于在图像分割时,已经将空间信息嵌入到每一块子图像中,又用颜色矩来表示图像块的颜色信息,因此在 RGB 颜色空间中形成的特征向量既包含了颜色信息又包含空间信息.图 1 为本文的分割图.

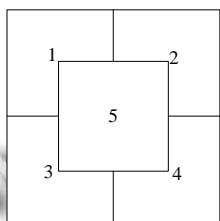


图 1 本文的分割图

### 2.1 颜色空间和颜色特征提取

一般来说,图像检索必须在特定的颜色空间内进行.常用的颜色模型有 RGB、NTSC、YcbCr 和 HSV.在计算机视觉应用中,由系统采集的图像一般都使用 RGB 格式.为了有效的、最大限度的表达图像的本质特征,首先直接在 RGB 颜色空间中计算每一个图像子

块的 R、G、B 三分量的颜色矩<sup>[7]</sup>作为该图像子块的颜色特征向量.而且,颜色分布信息主要集中在低阶矩中,因此本文采用一阶矩(均值)、二阶矩(方差)和三阶矩(斜度)来表达图像的颜色信息.一阶矩、二阶矩和三阶矩的定义如下:

$$\mu_{ik} = \sum_{j=1}^N p_{ij} / N \quad (1)$$

$$\sigma_{ik} = \left\{ \left[ \sum_{j=1}^N (p_{ij} - \mu_i)^2 \right] / N \right\}^{1/2} \quad (2)$$

$$s_{ik} = \left( \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (p_{ij} - \mu_i)^3 \right)^{1/3} \quad (3)$$

其中,  $p_{ij}$  是图像块中第  $j$  个像素的第  $i$  个分量,  $1 \leq j \leq N$ ,  $k$  ( $k=1,2,3,4,5$ ) 表示每一幅图像通过分解得到的子图像的个数,  $N$  为该子图像块的总像素数.每个像素共有三个分量(R、G、B),每个分量上有三个低阶矩,因此每一个子图像块共有九个分量:  $C_k = [\mu_{1k}, \sigma_{1k}, s_{1k}, \mu_{2k}, \sigma_{2k}, s_{2k}, \mu_{3k}, \sigma_{3k}, s_{3k}]$ ,  $k=1,2,3,4,5$ .于是整幅图像在 RGB 颜色空间中的特征向量长度为 45.

直接在图像的本质颜色模型中提取图像特征可以很好的表示图像内容,但由于在 RGB 颜色空间中计算出的图像间的距离对图像的区分能力并不好,不符合人类的视觉感知系统. HSV 颜色空间不仅反映了人类视觉观察彩色的方式,同时也有利于图像处理.为了结合两种模型的优点,本文再在 HSV 颜色空间中提取颜色特征向量.首先将整幅图像由 RGB 空间转换到 HSV 空间,然后采用文献[12]的方法对 HSV 空间进行非均匀量化,量化得到 32 种颜色,形成长度为 32 的一维特征向量,该向量将作为整幅图像在 HSV 空间中的颜色特征,记为  $C_{hsv}$ .将两种颜色空间中的特征向量结合在一起就形成本文的颜色特征向量:

$$C = [C_k, C_{hsv}], k=1,2,3,4,5.$$

### 2.2 纹理特征的提取

在纹理特征提取方面,本文通过对图像进行非下采样轮廓平稳小波变换(SW-NSCT)<sup>[13]</sup>,然后计算各子带的均值和方差作为纹理特征向量. SW-NSCT 具有多尺度多分辨率分析和平移不变性的特点,能有效地捕获到图像中的轮廓,并对其进行稀疏表示,可以用来提取图像的纹理特征.

SW-NSCT 的第一步是 SWT, SWT 首先将原始图像分解为低频子带 LL 和高频子带 HL、LH、HH, 然后, 对各高频子带分别应用 NDFB 进行方向分解, 将各高频子带分解为  $2^i$  个方向子带 ( $i$  为 NDFB 的分解层数), 对低频子带重复上述过程可实现变换的多方向性和各向异性. 图 2 为 SW-NSCT 频谱分析原理图.

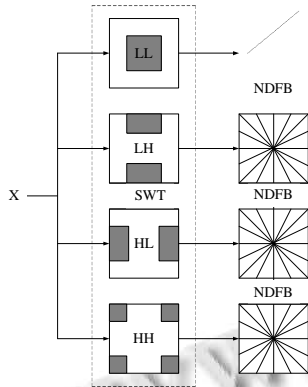


图 2 SW-NSCT 变换频谱分析原理图

在提取纹理特征时, 首先利用 SW-NSCT 将图像分解为一系列子带, 然后计算每个 SW-NSCT 方向子带系数的均值  $\mu_k$  和标准差  $\sigma_k$  作为图像的纹理特征:

$$\mu_k = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \omega_k(i, j) \tag{4}$$

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (\omega_k(i, j) - \mu_k)^2} \tag{5}$$

式中,  $M \times N$  为 SW-NSCT 子带的大小. 则图像的纹理特征向量可表示为:

$$f = [\mu_1, \sigma_1, \dots, \mu_k, \sigma_k, \dots, \mu_K, \sigma_K]$$

其中,  $k = 1, 2, \dots, K, K$  为分解得到的总子带数.

### 3 综合不同特征进行相似度量

本文采用欧氏距离进行相似性度量, 借助高斯归一化<sup>[2]</sup>对不同特征进行内部归一化. 假设待检索的图像为  $Q$ ,  $P$  为图像库中任意一目标图像, 按照公式(6)计算两幅图像颜色特征的欧氏距离, 得出图像颜色特征的相似度

$$D_1(P, Q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (f_{p,i} - f_{q,i})^2} \tag{6}$$

两幅图像之间的欧氏距离越小表明相似度越大. 同理, 纹理的相似度也采用欧式距离进行计算, 再求距

离之前首先将纹理特征向量内部归一化, 从而得到纹理特征的相似度

$$D_2(P, Q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (f_{p,i} - f_{q,i})^2} \tag{7}$$

综合以上两种距离, 总相似度可以定义为:

$$D(P, Q) = \lambda_1 D_1 + \lambda_2 D_2 \tag{8}$$

其中,  $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ . 由于  $D_1$  和  $D_2$  表示不同特征的距离, 因此在计算总相似度前, 采用高斯归一化的方法进行外部特征标准化.

### 4 算法描述

基于颜色和纹理特征的图像检索算法描述如下:

Step1: 将检索图像分为如图 1 大小的 5 个图像子块, 分别计算每一个图像子块 R、G、B 三分量的一阶矩、二阶矩和三阶矩, 获取图像子块的颜色特征向量  $C_k = [\mu_{1k}, \sigma_{1k}, s_{1k}, \mu_{2k}, \sigma_{2k}, s_{2k}, \mu_{3k}, \sigma_{3k}, s_{3k}]$ ,  $k = 1, 2, 3, 4, 5$ ; 然后将整幅图像从 RGB 转化到 HSV 空间, 对 HSV 空间进行非均匀量化, 量化得到 32 种颜色, 形成长度为 32 的一维特征向量记为  $C_{hsv}$ , 于是颜色特征描述符可以描述为:

$$C = [C_k, C_{hsv}], k = 1, 2, 3, 4, 5.$$

Step2: 分别对各图像进行三层 SW-NSCT, 计算每个 SW-NSCT 子带系数绝对值的均值和方差来表示图像的纹理特征. 纹理特征描述符可以描述为:

$$T = [\mu_1, \sigma_1, \dots, \mu_k, \sigma_k, \dots, \mu_K, \sigma_K], k = 1, 2, \dots, K, K$$

为分解得到的总子带数.

Step3: 分别对颜色和纹理特征向量进行内部高斯归一化.

Step4: 对所有特征向量进行外部归一化处理, 获得归一化的综合特征向量.

Step5: 根据公式(8) 计算两幅图像归一化特征向量间的欧氏距离, 进行图像检索.

### 5 评价准则及试验分析

#### 5.1 评价准则

基于内容的图像检索系统的性能评价可以采用经典的基于文本信息检索的评价手段. 如查全率和查准率等. 本文采用查准率<sup>[1]</sup>作为系统性能的评价, 查准

率定义为  $Precision = a / (a + b)$ . 其中:  $a$  为检索结果中与查询图像相似的图像数;  $b$  为不相似的图像数. 本算法采用“基于例子查询”的方法,即给出一幅例子图像,找出图像数据库中与之相似的所有图像.

### 5.2 实验结果及分析

本文图像数据库为从 Corel 图像库(<http://wang.ist.psu.edu/jwang/test1.tar>)中下载的 1000 幅图像, 这些图像分为 10 类,每一类有 100 幅图像. 实验在相同的软硬件环境进行.

为了检验本文算法的检索性能,本文实现了以下几个实验: 文献[10]的算法, 文献[2]的算法及本文算法 HSV 颜色空间中进行,采用颜色矩法,纹理特征通过计算 SW-NSCT 各子带系数均值与方差获得.

在本文算法中,SWT 变换层数为 3, 滤波器取为“bior4.4”,NDFB 滤波器选为“pkva”,对应的方向数为 4、8、16,  $\lambda_1=0.5$ ,  $\lambda_2=0.5$ .

从图像库的每类图像中分别抽取 5 幅图像来进行检索,总共形成 50 次检索结果,并取 50 次检索结果查准率的平均值作为算法的平均检索结果. 图 3 给出了本文算法同文献[2]的算法和文献[10]的算法在这个图像库中“查准率”的对比曲线. 从图 3 我们可以看出,在检索同样数目的图像时,本文算法的检索效果要好于其他两个算法,平均检索精度都达到了 60% 以上. 图 4 为本文算法的一次检索结果,其中图 4 左上角为查询目标图像兼检索结果(No. 表示此图在数据库中的实际顺序),其余图像为检索结果. 其相似度由左至右,由上而下逐渐减小. 在返回的 50 幅图像中,被检索出相似的图像为 49 幅.

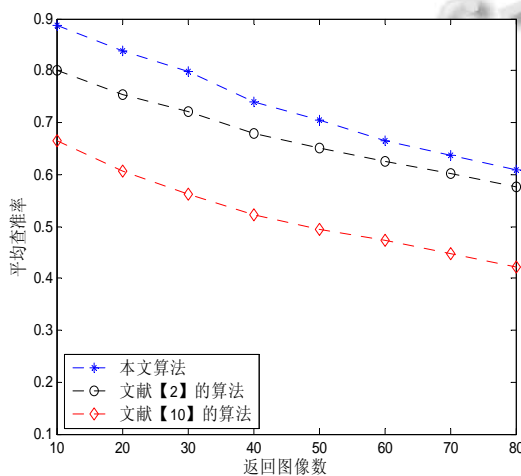


图 3 不同算法检索性能比较

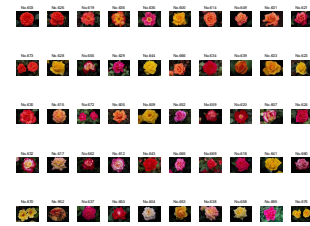


图 4 本文算法的一次检索结果

为了尽可能得提高检索效率,需要平衡  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  两个权值. 表 1 列出了  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  取不同值时的平均查准率(返回图像数为 50). 从表 1,我们看出,当  $\lambda_1=0.6$ ,  $\lambda_2=0.4$  或  $\lambda_1=0.7$ ,  $\lambda_2=0.3$  时,平均检索率最高,它比单独使用颜色特征进行检索高 16.44%,比单独使用纹理特征进行检索高 17.8%. 这个结果表明综合多种特征进行检索能显著提高平均检索率.

前面的分析是对所提出算法的一种综合评价. 其实,在实验过程中发现,不同图像类别的最佳权值是不一样的. 表 2 显示了图像库中每类图片使用最佳特征组合进行检索时的平均检索率(返回图像数为 50). 从表 2 可以可看出,有关非洲、海滩、大象、马、山景类的图像包含较多的颜色信息,所以在进行检索时赋以颜色的权值就要高一些;而恐龙和花卉图像不管是对颜色加权高一些还是对纹理加权高一些,它们的检索效果都是相同的,这说明了这两类图像都包含丰富的颜色和纹理信息;汽车类图像的最佳权值为  $\lambda_1=0.4$ ,  $\lambda_2=0.6$ , 这说明了该类图像含有较多的纹理信息,所以纹理特征能更好地描述图像.

表 1 当  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  取不同值时的平均检索率

$\lambda_1$	$\lambda_2$	Average Retrieval rate(%)
0.0	1.0	52.88
0.2	0.8	66.28
0.3	0.7	69.00
0.4	0.6	70.52
0.5	0.5	70.56
0.6	0.4	70.68
0.7	0.3	70.68
0.8	0.2	67.04
1.0	0.0	54.24

表 2 每类图片的最佳权值

The corresponding image	$\lambda_1 / \lambda_2$	Average Retrieval rate(%)

## 6 结论

本文在充分讨论图像颜色特征和纹理特征的基础上,提出了一种基于多特征融合的图像检索算法. 实验在同等的软硬件环境下和相同的图片库中进行, 实验结果表明,该方法相对于文献[2]和文献[10]的方法,平均检索精度有了一定的提高,取得了较好的检索结果.

为了进一步提高算法的性能,下一步的工作主要集中在以下方面: 1)如何缩短 SW-NSCT 建立特征向量数据库的时间. 2)在纹理特征提取方面,采用新的小波实现对图像的分解,然后获取一个特征集合,使得这个特征集合可以更好地表示纹理特征. 3)采用适当的相关反馈策略,通过人机交互的方式,增强算法的检索效果.

### 参考文献

- 徐慧英,袁杰,等.一种基于颜色和纹理的图像检索方法.计算机学报,2009,36(5):282-286.
- 杨红菊,张艳,曹付元.一种基于颜色矩和多尺度纹理特征的彩色图像检索方法.计算机学报,2009,36(9):274-277.
- Swain MJ, Ballard DH. Color indexing. International Journal of Computer Vision,1991,7(1):11-32.
- Kotoulas L, Andreadis I. Colour histogram content-based image retrieval and hardware implementation. IEE Proc. Circuits Devices Syst, 2003,150(5):387-393.
- Adam W, Peter Y. Content-based image retrieval using joint correlograms. Multimedia Tools and Applications, 2007, 34(2):239-248.
- Chan YK, Chan GCH. Block image retrieval based on a compressed linear quadtree. Image and Vision Computing, 2004,22(5):391-397.
- Stricker M, Orengo M. Similarity of color images. Proc. SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases, 1995, 2420: 3812392.
- Huang PW, Dai SK. Image retrieval by texture similarity. Pattern Recognition, 2003,36(3):665-679.
- 张弘.数字图像处理与分析.北京:机械工业出版社,2007. 142-143.
- 黄传波,邵杰,万鸣华,金忠.Contourlet 变换在图像检索中的应用.计算机工程与应用,2009,45(3):24-27.
- 练秋生,李芹,孔令富.融合圆对称轮廓波统计特征和 LBP 的纹理图像检索.计算机学报,200,30(12):2199-2204.
- 汪华章,何小海,等.基于色彩量化及索引的图像检索.光电子.激光,2008,19(2):254-256.
- Yang SY, Wang M, Lu YX, Qi WD, Jiao LC. Fusion of multiparametric SAR images based on SW-nonsampled contourlet and PCNN. Signal Processing 89. 2009. 2596-2608.

(上接第 137 页)

## 6 结语

本文介绍了基于 XML 文件组织的嵌入式监控组态软件的设计与实现. 该软件的特点是面向实验室多个测控项目的实际情况,结合组态软件技术,配合网路通信协议与数据库的设计,通过简单的配置式开发即可完成相对复杂的控制任务,达到组态控制的目的. 该软件经过各种测试,证明能够很好地解决传统工业控制软件存在的种种问题,使用户能根据自己的控制对象和控制目的进行任意组态,最终完成自动化控制工程.

### 参考文献

- 宋志崇.监控组态软件的研究与设计.大连理工大学,2008.
- Li G, Ying J, Wu MH. A configuration software system for industrial monitoring and controlling. Information Acquisition, 2004. Proc. International Conference. Hangzhou, 2004: 466-470.
- Jin M, Zhou X, Duan P, Tian ZF, Zhou J. The Design and Implementation of Embedded Configuration Software Based on embedded\_linux. computer Science and Software Engineering. International Conference on Volume 4, 12-14 Dec. 2008. 98-101.
- 林伟.浅谈组态软件发展趋势.自动化博览,2003,(3):45-47.
- 陈锦辉,王景皓.XML 与 JAVA 程序设计大全.北京:中国铁道出版社,2002.
- 熊育悦,赵哲身.XML 语言及相关技术综述.仪表技术, 2002,(3):37-39.
- 徐冰,李启炎.XML 解析器应用分析.应用技术,2002,(1): 103-105.
- 王仲.基于 XML 的数据交换与存取技术研究.计算机工程与应用,2001,(24):108-110.
- 李勇军,冀汉莉.用 DOM 解析 XML 文档.计算机应用,2001, 21(8):1-3.